

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2024-57-14>

УДК 621.746

Мороз Дмитро Максимович¹, Ph.D

<https://orcid.org/0000-0003-2577-3352>

Швачич Геннадій Григорович¹, д.т.н., професор

<https://orcid.org/0000-0002-9439-5511>

Мороз Борис Іванович¹, д.т.н., професор

<https://orcid.org/0000-0002-5625-0864>

Євланов Максим Вікторович², д.т.н., професор

<https://orcid.org/0000-0002-6703-5166>

Кабак Леонід Віталійович¹, к.т.н., доцент

<http://orcid.org/0000-0001-6267-1772>

¹Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна

²Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ДОСТАВКИ МЕДИКАМЕНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Мороз Д.М., Швачич Г.Г., Мороз Б.І., Євланов М.В., Кабак Л.В. Концептуальна модель системи доставки медикаментів за допомогою безпілотних літальних апаратів. В статті розглянута проблема створення автоматизованої системи забезпечення лікарськими засобами і медичними технологіями споживачів з використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Розглянуто і охарактеризовано задачі, які необхідно вирішити в рамках цієї проблеми. Сформульовано задачу оптимальної (раціональної) організації обробки інформаційних потоків, що функціонують в системі доставки лікарських засобів і медичних технологій за допомогою БПЛА. Запропоновано для організації обробки окремих повідомлень використовувати спеціальну керовану дисципліну, яка забезпечує обробку окремих повідомлень без втрат, в межах термінових обмежень і в умовах мінімальної фактичної продуктивності обчислювальної системи. Наведено математичну постановку задачі організації обробки повідомлень з використанням спеціальної керованої дисципліни. Математична модель дозволяє визначити основні характеристики обробки інформаційних потоків в межах необхідних вимог. Оговорено необхідні подальші напрямки роботи по створенню автоматизованої системи доставки лікарських засобів і медичних технологій до споживача за допомогою БПЛА. **Ключові слова:** безпілотні літальні апарати, лікарські засоби, математична модель, час доставки, потоки повідомлень.

Moroz D., Shvachych G., Moroz B., Ievlanov M., Kabak L. Conceptual model of a medication delivery system using unmanned aerial vehicles. The article examines the issue of creating an automated system for supplying consumers with medical products and technologies using unmanned aerial vehicles (UAVs). It discusses and characterizes the tasks that need to be addressed within this problem. The problem of optimal (rational) organization of information flow processing, functioning in the system of delivering of medical products and technologies via UAVs, is formulated. A special controlled discipline is proposed for organizing the processing of individual messages, ensuring the processing of messages without loss, within urgent time constraints, and with minimal actual performance requirements of the computing system. The mathematical formulation of the problem for organizing of message processing using a special controlled discipline is provided. This mathematical model allows for determining the main characteristics of information flow processing within the required specifications. Further necessary directions for creating an automated system for delivering of medical products and technologies to consumers using UAVs are discussed.

Keywords: unmanned aerial vehicles, medicines, mathematical model, delivery time, message flows.

Постановка наукової проблеми. Видання "Аптека online" 10 жовтня 2022 року (№1354/1355) опублікувало статтю «Літаючі ліки: мікротренд, що може змінити наше уявлення про доставку ліків». В статті розглядаються проекти, що реалізовані або реалізуються в різних країнах світу, зокрема в таких високотехнологічних країнах як Великобританія, США, Німеччина, Канада та ін. для забезпечення медичних технологій за допомогою БПЛА. Тут же анонсовано пілотний проект в Україні з доставки лікарських засобів за допомогою БПЛА. Проект передбачає створення 10 хабів складів для зберігання лікарських засобів та впровадження їх доставки за допомогою БПЛА в радіусі 100 км від хабів терміном до однієї години. Маса ліків до 2 кг. Безумовно, для реалізації оговореного вище проекту необхідно вирішити наступні задачі:

1. Створити і обґрунтувати теоретичну базу для вибору оптимальної (раціональної) структури системи яка включала б в себе множину пунктів постачання лікарських засобів, множину БПЛА і множину споживачів лікарських засобів.

2. Створити методи і засоби для організації ефективного функціонування системи в межах обґрунтованих вимог.

3. Організація ефективного функціонування системи доставки лікарських засобів базується на ефективній організації обробки інформаційних потоків між споживачами лікарських засобів, постачальниками і центром управління доставкою за допомогою БПЛА. Це породжує необхідність

створення спеціалізованих методів і засобів організації інформаційних потоків повідомлень поміж окремими елементами системи.

В статті поставлена наукова проблема створення концептуальної моделі автоматизованої системи доставки лікарських засобів за допомогою БПЛА і запропоновано підходи до створення методів і засобів для оптимальної (раціональної) організації обробки потоків повідомлень поміж елементами системи.

Необхідно зауважити, що окремо можна виділити задачу вибору і обґрунтування логістики доставки медикаментів за допомогою БПЛА.

Автори в подальшому мають намір приділити увагу вирішенню означеної вище проблеми.

Аналіз досліджень. У роботі [1] виконано аналіз ефективності використання БПЛА і обґрунтовано переваги для забезпечення лікувальних технологій. Навіть ґрунтуючись тільки на цій публікації і на посиланнях в цій публікації можна зробити висновок про перспективність і необхідність досліджень в науковому і практичному напрямку, що наближає нас до створення системи забезпечення медичних технологій і доставки лікарських засобів за допомогою системи з використанням БПЛА. У роботі [2] представлено огляд різних методів керування, що використовуються для БПЛА. Здійснено аналіз їхніх переваг, недоліків і алгоритмів, а також запропоновано застосування цих підходів у цивільній сфері. У роботі [3] автори дослідження розробили метод автономного керування дронами, який пропонує ефективне вирішення проблем, що виникають під час ручного управління. Зокрема, метод дозволяє дрону приймати рішення самостійно у випадках великої відстані, радіоперешкод чи значних обсягів даних. У роботі [4] здійснено комплексний аналіз технічних вимог, сучасного ринку квадрокоптерів і подібних конструкцій дронів. Окрім цього, розглянуто конструктивні особливості квадрокоптерів, існуючі системи управління та їх можливості. На основі отриманих даних була розроблена структурна схема трикоптера. У дослідженні [5] висвітлено аспекти підвищення ефективності протидії використанню малих БПЛА порушниками на державному кордоні. Також детально описано застосування засобів повітряної розвідки для посилення охорони державного кордону. У статті [6] розглянуто проблему створення алгоритмічного забезпечення автоматизованої системи управління груповими маневрами БПЛА. Запропоновано нелінійну модель польоту групового формування БПЛА, яка є основою для розробки нелінійних законів управління такими апаратами. У роботі [7] акцентується увага на необхідності забезпечення автономного управління для безпілотних апаратів. Представлено алгоритми машинного зору, які можуть бути застосовані для цієї задачі, а також описано їх основні компоненти.

В 2019 році в роботах проф. Мороза Б.І. [8,9] (в співавторстві) були розглянуті питання автоматизованої доставки лікарських засобів за запитом споживача. В цих роботах автори намагалися розглянути доставку медикаментів об'єднавши і розглянувши споживачів лікарських засобів, їх постачальників і виконавців логістики доставки в єдину систему. На погляд авторів проблема створення автоматизованої системи яка б забезпечувала доставку лікарських засобів і медичних технологій вимагає більш формалізованої постановки. Така б формалізована постановка дозволила б створення науково обґрунтованих методів і засобів для забезпечення ефективного функціонування такої системи. Серед множини задач вбачається особливо важливою задача організації обробки інформаційних потоків повідомлень, що забезпечують функціонування такої автоматизованої системи.

Мета статті. Для забезпечення функціонування обумовленої системи необхідне вирішення ряду організаційних задач серед яких, безумовно, як важлива, виділяється задача організації обробки потоків повідомлень, наприклад, потоків повідомлень споживачів на доставку лікарських засобів і отримання лікарських послуг та ін. В даній статті ставиться мета:

- 1) більш точного концептуального опису функціонування системи доставки лікарських засобів з використанням БПЛА;
- 2) створення формалізованої моделі системи доставки лікарських засобів з використанням БПЛА і обґрунтування вимог до цієї системи;
- 3) постановки задачі оптимальної (раціональної) організації обробки потоків повідомлень, що забезпечують функціонування системи доставки лікарських засобів з використанням БПЛА в рамках необхідних вимог.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Функціональна схема системи доставки лікарських засобів за допомогою БПЛА проілюстрована на рис. 1. Множина споживачів лікарських засобів (ЛЗ) $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n, \dots, S_N\}$ надсилає в центр

управління доставкою (ЦУД) повідомлення (заявки) на постачання для них лікарських засобів. ЦУД обробляє кожне повідомлення на предмет виконання заявки в рамках необхідних вимог. В повідомленні вказуються лікарські засоби, вимоги до їх вартості, виробник та ін. Окремо в повідомленні формулюються вимоги до термінів виконання доставки. Необхідно зауважити, що час доставки завжди обмежений, тобто: $T_{\text{дос. min}} \leq T_{\text{дос.}} \leq T_{\text{дос. max}}$.

$$T_{\text{дос.}} = t_{\text{оч.обр.}} + t_{\text{обр.}} + t_{\text{лп}} + t_{\text{дос.}}, \quad (1)$$

$t_{\text{оч.обр.}}$ – час очікування початку обробки повідомлень. Час очікування обробки повідомлень обумовлений тим, що в ЦУД поступають повідомлення від окремих споживачів S_n , що генерується в випадкові моменти часу t є потенційно конфліктуючими, що в кінцевому результаті приводить до черг на їх обробку;

$t_{\text{обр.}}$ – це час за який ЦУД виконуються наступні інформаційно-обчислювальні операції за допомогою відповідного програмного комплексу:

- вирішується пошукова задача, яка встановлює можливість виконання заявки взагалі в рамках зазначених споживачем вимог. При цьому ЦУД взаємодіє з множиною постачальників $P = \{P_1, P_2, \dots, P_m, \dots, P_M\}$. Окрім того, в межах часу $t_{\text{обр.}}$ може вирішуватись задача оптимізації параметрів постачання (вибір постачальника за оптимальною ціною, вибір за постачальником ліків і т. д.

Після обробки повідомлення (заявки) в межах часу $t_{\text{обр.}}$ споживачу S_n відправляється повідомлення про гарантоване виконання або гарантоване невиконання заявки. У випадку гарантованого виконання споживач S_n відправляє повідомлення-підтвердження на виконання заявки в межах його заявлених вимог. Після отримання повідомлення-підтвердження і його реєстрації ЦУД вирішує за допомогою відповідного програмного комплексу задачу логістики постачання в межах часу $t_{\text{лп}}$. При цьому визначається БПЛА із множини $D = \{d_1, d_2, \dots, d_k, \dots, d_K\}$ який буде виконувати операцію доставки, визначається маршрут і проводиться розрахунок часу доставки. При цьому визначається оптимальний маршрут доставки, так як одним маршрутом можуть доставлятися ліки в декілька пунктів S_n .

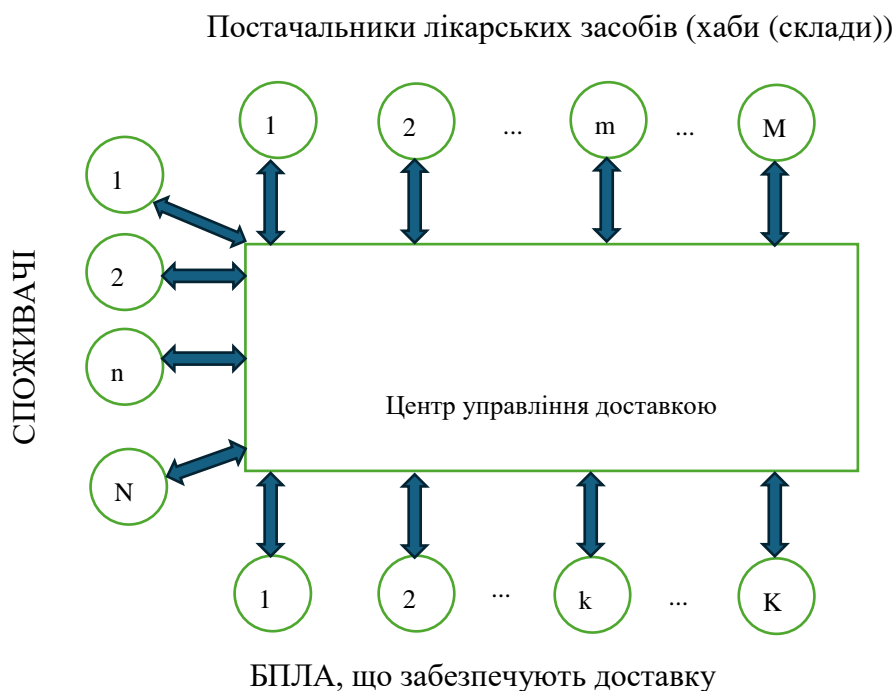


Рис. 1. Функціональна схема доставки лікарських засобів за допомогою БПЛА

Вимоги до виконання кожної конкретної заявки можна сформулювати наступним чином:

$$T_{\text{дос.}S_n}(t) \leq T_{\text{дос.} \max S_n}(t), \quad (2)$$

де $T_{\text{дос.}S_n}(t)$ – час виконання заявки споживача S_n , що поступила в момент часу (t) ;
 $T_{\text{дос.} \max S_n}(t)$ – максимальний час доставки лікарських засобів за вимогами споживача.

Необхідно зауважити, на погляд авторів, $T_{\text{дос.} \max S_n}(t)$ споживачами можуть бути встановлені в межах потреб і будуть впливати на вартість виконання заявки. Логічно припустити, що зі зменшенням $T_{\text{дос.} \max S_n}(t)$ повинна збільшуватись і вартість доставки. В якості критерія виконання заявки споживача S_n , що сформована в момент часу t $S_n(t)$ можливо використовувати критерій виду:

$$\left(T_{\text{дос.} \max S_n}(t) - T_{\text{дос.}S_n}(t) \right) \rightarrow \min; \quad (3)$$

$$T_{\text{дос.}S_n}(t) \leq T_{\text{дос.} \max S_n}(t). \quad (4)$$

Критерій (3) з обмеженнями (4) використовується за наступними логічними міркуваннями. Для споживача важливо щоб були виконані умови (4), а для виконавця замовлення, тобто для системи доставки лікарських засобів (СДЛЗ) зменшення часу приводить до її роботи в більш навантажених умовах. Тому критерій сформульовано таким чином, що найкращим варіантом виконання заявки є варіант якщо:

$$T_{\text{дос.}S_n}(t) = T_{\text{дос.} \max S_n}(t). \quad (5)$$

З (5) видно що найкращим варіантом організації виконання заявки споживача $S_n(t)$, що сформована в момент часу t і для споживача і для виконавця буде варіант організації коли заявка буде виконана не раніше і не пізніше вказаного терміну. Це також є позитивним з точки зору зберігання лікарських засобів. При визначенні часу доставки $T_{\text{дос.}}$ його складові $t_{\text{обр.}}$, $t_{\text{лп}}$, $t_{\text{дос.}}$ можна визначити як:

$$t_{\text{обр.}} = \int_0^{\infty} t_{\text{обр.}} d(B(t_{\text{обр.}})), \quad (6)$$

$$t_{\text{лп}} = \int_0^{\infty} t_{\text{лп}} d(B(t_{\text{лп}})), \quad (7)$$

$$t_{\text{дос.}} = \int_0^{\infty} t_{\text{дос.}} d(B(t_{\text{дос.}})), \quad (8)$$

де $B(t_{\text{обр.}})$, $B(t_{\text{лп}})$, $B(t_{\text{дос.}})$ – функція розподілу часу $t_{\text{обр.}}$, $t_{\text{лп}}$, $t_{\text{дос.}}$ відповідно. Суттєвим моментом являється те, що якщо значення $t_{\text{обр.}}$, $t_{\text{лп}}$, та $t_{\text{дос.}}$ можна визначити і врахувати в загальному часі виконання заявки згідно (6), (7) і (8) то $t_{\text{оч.обр.}}$ визначити таким чином неможливо, так як це залежить від кількості заявок, що поступили в СДЛЗ та їх характеристик (наприклад, таких як $T_{\text{дос.} \max S_n}(t)$). Точніше, це залежить від характеристик потоків повідомлень заявок що поступають від елементів $S_n(t)$ в СДЛЗ. Якщо вважати, що $t_{\text{обр.}}$, $t_{\text{лп}}$, $t_{\text{дос.}}$ можна визначити згідно формулам 6),(7) і (8), а найкращим варіантом організації обробки повідомлень при якому $T_{\text{дос.}S_n}(t) = T_{\text{дос.} \max S_n}(t)$ є оптимальним (раціональним) варіантом організації обробки повідомлень при якому будуть виконані умови постачання споживача і система обробки повідомлень буде працювати в найменш жорсткому режимі) то тоді:

$$t_{\text{оч.обр.}S_n}(t) = T_{\text{дос.}S_n}(t) - (t_{\text{обр.}} + t_{\text{лп}} + t_{\text{дос.}}), \quad (9)$$

де $t_{\text{оч.обр.}S_n}(t)$ – час очікування обробки повідомлення споживача S_n , що поступило в момент часу t .

Повідомлення, що генерується споживачами множини S_n будемо характеризувати інтенсивністю:

$$\Lambda^{[S]} = \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^h \lambda_j^{S_n}, \quad (10)$$

де $\lambda_j^{S_n}$ – інтенсивність потоку повідомлень елемента S_n множини S з категорією доставки $j = 1, 2, \dots, h$.

Категорія доставки j визначається значенням $T_{\text{дос.мах } S_n}(t)$ і призначається споживачем за шкалою категорій, тобто: якщо споживачем визначена категорія j_1 , то це означає, що $T_{\text{дос.мах } S_n}(t)$ визначається значенням часу доставки в межах від T_1 до T_2 , якщо споживачем визначена категорія j_2 , то це значить що значенням часу доставки визначається в межах від T_2 до T_3 і т. д., див. рис. 2.

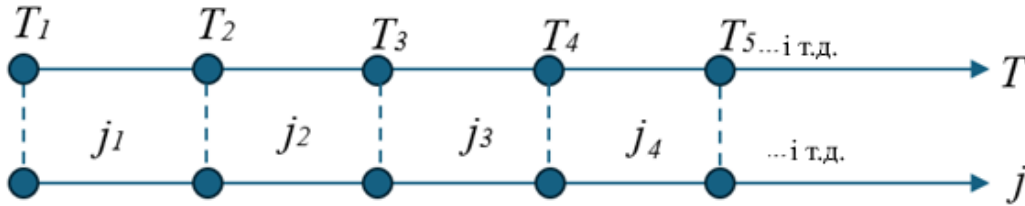


Рис. 2. Шкала категорій повідомлень

Тобто, на практиці це означає: якщо за шкалою категорій повідомлень споживачем вибрана категорія j_1 , то це означає, що вимоги споживача до термінів виконання замовлення знаходиться в діапазоні часу від 30 хвилин до 1 години 30 хвилин. Якщо категорія j_2 - то вимоги знаходиться в межах від 1 години 30 хвилин до 2 годин 30 хвилин. Тут відображаються лише принципові положення до створення шкали категорійності повідомлень. Безумовно це є окремою важливою задачею, яка в великій мірі впливає на ефективність організації обробки повідомлень, а також на ефективність функціонування всієї СДЛЗ. Таким чином в ЦУД надходить потік повідомлень стан якого будь який момент часу можна характеризувати вектором:

$$\Lambda_t = \{ \Lambda_{1t}, \Lambda_{2t}, \dots, \Lambda_{jt}, \dots, \Lambda_{ht} \}. \quad (11)$$

Кожному j відповідає своє значення $T_{\text{дос.мах } S_n}(t)$.

$$\Lambda_{1t} = \{ \Lambda_{jt}^{[S_1]}, \dots, \Lambda_{jt}^{[S_2]}, \dots, \Lambda_{jt}^{[S_n]}, \dots, \Lambda_{jt}^{[S_N]} \}, \quad (12)$$

де $\Lambda_{jt}^{[S_n]}$ – потік повідомлень j -ої категорії, що генерується елементом S_n множини S в момент часу t .

Повідомлення потоків інтенсивностей $\Lambda_{jt}^{[S_1]}, \dots, \Lambda_{jt}^{[S_2]}, \dots, \Lambda_{jt}^{[S_n]}, \dots, \Lambda_{jt}^{[S_N]}$ появляється в ЦУД на відрізку часу Δt через інтервали часу $t_{\text{ц.г.}j}$ і стають в черги кожного потоку в свою. Для обробки повідомлень кожного потоку $\Lambda_{jt}^{[S_n]}$ в межах необхідних вимог (2) необхідно встановити таку дисципліну обробки окремих повідомлень потоків яка б могла забезпечити:

- 1) обробку повідомлень без втрат;
- 2) обробку повідомлень в межах умов (2) - $T_{\text{дос.}S_n}(t) \leq T_{\text{дос.мах } S_n}(t)$. ;
- 3) обробку повідомлень в умовах мінімальної завантаженості обчислювальної системи.

Потоки повідомлень можна поділити на два класи:

- 1) потоки $\Lambda_{jt}^{[S]}$, які можна умовно вважати регулярними або квазірегулярними у випадках коли дисперсія поміж приходом сусідніх повідомлень вхідних потоків $\Lambda_{jt}^{[S]}$:

$$D[t_{\text{ц.г.}j}] = 0 \text{ або } D[t_{\text{ц.г.}j}] \rightarrow 0; \quad (13)$$

- 2) потоки які мають випадковий характер і які можна вважати пуассоновськими.

Для випадку регулярних або квазірегулярних потоків $\Lambda_{jt}^{[S]}$, як показав попередній аналіз, можливо ефективно використовувати керовану дисципліну обробки повідомлень D_1 запропоновану проф. Морозом Б.І. Математична модель цієї дисципліни детально описана в роботі [10]. Обробка повідомлень відповідно до цієї дисципліни ЦУД відбувається наступним чином: ЦУД обробляє повідомлення кожної черги почергово віддаючи кожній j -ій черзі квант часу t_{kj} за який можна обробити 1, 2, 3 і т.д. повідомлень j -ої черги, тобто: $t_{kj}/t_{обр.j} = 1, 2, 3$ і т. д.

$$t_{обрj} = \int_0^\infty t_{обр.j} d(B(t_{обр.j})), \quad (14)$$

де $B(t_{обрj})$ – функція розподілу часу обробки повідомлень j -ої категорії.

Така модель обробки повідомлень може бути регульованою або навіть адаптивною при зміні характеристик потоків $\Lambda_{jt}^{[S]}$ та вимог до їх термінів обробки. Для цього в якості управляючого вектору може бути використаний вектор квантів часу:

$$T_k = \{ t_{k1}, t_{k2}, \dots, t_{kj}, \dots, t_{kh} \}. \quad (15)$$

В цьому випадку задача вибору оптимального (раціонального) варіанту обробки повідомлень зводиться до пошуку такої комбінації квантів часу управляючого вектору T_k при якому будуть виконані умови:

$$\begin{cases} T_{дос.j_1}(t) \leq T_{дос.maxj_1}; \\ \vdots \\ T_{дос.j_r}(t) \leq T_{дос.maxj_r}; \\ \vdots \\ T_{дос.j_h}(t) \leq T_{дос.maxj_h}. \end{cases} \quad (16)$$

де $T_{дос.j_r}(t)$ це фактичний час виконання замовнення категорії j_r , що поступило в момент часу t при деякому варіанті організації обробки.

Згідно (1) $T_{дос.j_r}(t)$ визначається як

$$T_{дос.j_r}(t) = t_{оч.обр.j_r}(t) + t_{обр.} + t_{лп} + t_{дос}. \quad (17)$$

З формули (17) можна побачити, що значення обробки $t_{обр.}$, $t_{лп}$ та $t_{дос.}$ визначаються за допомогою формул (6), (7) та (8) відповідно за статистичними характеристиками і при будь-якому варіанті організації обробки повідомлень різних категорій j_r вони будуть мати однакове значення. Величина ж $t_{оч.обр.j_r}(t)$ в (17) залежать виключно від порядку обробки, тобто від вибраного варіанту організації обробки. Т.ч. при використанні вище оговореної управляючої дисципліни [10] вибір організації обробки повідомлень обумовлюється вибором вектору $T_k = \{ t_{k1}, t_{k2}, \dots, t_{kj}, \dots, t_{kh} \}$. При відомих значеннях $t_{обр.}$, $t_{лп}$ та $t_{дос.}$, допустиме значення часу очікування обробки повідомлення, що поступило в ЦУД в момент часу t визначається:

$$t_{оч.обр.max j_r}(t) = T_{дос.max j_r} - (t_{обр.} + t_{лп} + t_{дос.}). \quad (18)$$

Задача оптимальної (раціональної) організації обробки потоків повідомлень формулюється наступним чином:

$$t_{оч.обр.j_r}(t) = f(T_k, \Lambda_t, t_{обр.j}); \quad (19)$$

$$\sum_{j_r=1}^{j_r=h} \sum_{t=0}^T (t_{\text{оч.обр.мах } j_r}(t) - t_{\text{оч.обр. } j_r}(t)) \rightarrow \min, \quad (20)$$

;

$$\begin{cases} t_{\text{оч.обр. } j_1}(t) \leq t_{\text{оч.обр.мах } j_1}(t); \\ \vdots \\ t_{\text{оч.обр. } j_r}(t) \leq t_{\text{оч.обр.мах } j_r}(t); \\ \vdots \\ t_{\text{оч.обр. } j_h}(t) \leq t_{\text{оч.обр.мах } j_h}(t). \end{cases} \quad (21)$$

Таким чином, задача оптимальної (раціональної) організації обробки повідомлень на доставку лікарських засобів в ЦУД зводиться до вибору управляючого вектору T_k при заданих параметрах Λ_t та $t_{\text{обр. } j}$ при якому б критерій (20) наближався б до свого мінімуму при обмеженнях (21).

Очевидно, що така задача з абсолютною точністю може бути вирішена повним перебором всіх комбінацій вектору $T_k = \{t_{k1}, t_{k2}, \dots, t_{kj}, \dots, t_{kh}\}$. При відносно незначній кількості комбінацій повний перебір всіх варіантів можливо виконати, але при значній кількості комбінацій необхідно створювати формально-евристичні алгоритми перебору. В подальшому автори планують приділити увагу вирішенню цієї задачі.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. В ході виконання роботи: 1) розроблено більш точну в порівнянні з існуючими концептуальну модель системи доставки медикаментів за допомогою БПЛА, яка на відміну від існуючих дозволяє оптимізувати процес доставки ліків споживачам враховуючи особливості доставки ліків за допомогою БПЛА; 2) Створено формалізовану модель системи доставки лікарських засобів з використанням БПЛА і обґрунтовано вимоги до цієї системи; 3) Виконано постановку задачі оптимальної (раціональної) організації обробки потоків повідомлень, що забезпечують функціонування системи доставки лікарських засобів з використанням БПЛА в рамках необхідних вимог; 4) В подальшому авторами планується створити алгоритми і програмне забезпечення з використанням постановки задачі оптимальної (раціональної) організації обробки потоків повідомлень, що забезпечують функціонування системи доставки лікарських засобів з використанням БПЛА в рамках необхідних вимог з використанням запропонованої моделі організації обробки повідомлень для автоматизованої системи доставки лікарських засобів і медичних технологій за допомогою БПЛА.

Список бібліографічного опису

1. Волянський, П. Б., Ядченко, Д. М., Мосов, С. П., Печиборщ, В. П., Якимець, В. М., Хорошун, Е. М., Печиборщ, О. В., Якимець, В. В. Медичні дрони / Інновація державної служби медицини катастроф. *Харківська хірургічна школа*, (3), 55-62. <https://doi.org/10.37699/2308-7005.3.2021.11>.
2. Іваненко Ю., Лященко О., Філімончук Т. Огляд методів керування безпілотними літальними апаратами / Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. – Полтава: ПНТУ, 2023. – Т. 1 (71). – С. 26-30. – <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2023.1.026>.
3. Посвістак В., Мірошніченко Д. Архітектура системи автономного керування для fpv-дронів. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*. 337, 3(2) (May 2024), 223–230. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-33>.
4. Козейчук Е. Ю. Стан сучасного проектування дронів, системи управління дронами, конструкції коптерів, елементи коптерів, SOLIDWORKS / Е. Ю. Козейчук // Автоматизація та приладобудування = Automation and Development of Electronic Devices (ADED'2019): зб. студ. наук. ст. – Харків : ХНУРЕ, 2019. – Вип. 2. – С. 64-66. Retrieved from <https://openarchive.nure.ua/entities/publication/518d0798-8416-4c69-b57a-94babe738ffc>.
5. Тактика застосування безпілотних повітряних суден в охороні державного кордону : навчальний посібник / О. Л. Луцький та ін. Хмельницький : Видавництво НАДПСУ, 2023. 164 с. Retrieved from https://dspace.nadpsu.edu.ua/bitstream/123456789/4362/1/%D0%9B%D1%83%D1%86%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BD%D0%BF_%D1%82%D0%B0%D0%BA%D1%82%20%D0%B7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%81%20%D0%91%D0%BF%D0%9B%D0%90.pdf.
6. Pavlenko P., Samborskyi Ye., Krykhovetskyi H., Samborskyi I. CONTROL MODEL OF A GROUP OF MANEUVERABLE UNMANNED AERIAL VEHICLES TAKING INTO ACCOUNT THEIR FLIGHT SAFETY // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. – Полтава: ПНТУ, 2023. – Т. 3 (73). – С. 58-63. – <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2023.3.058>.
7. Чепис, О. Алгоритми ефективного керування безпілотними літальними апаратами з використанням машинного зору. *Grail of Science*, (41), 260–264. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.05.07.2024.040>.

8. Moroz B., Antipov A., Zhuravlev V. (2020). Automated system for the delivery of medical supplies using unmanned aerial vehicles (multicopter) at the request of the consumer. *COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGIES: EDUCATION, SCIENCE, PRODUCTION*, (35), 47-54. Retrieved from <https://cit-journal.com.ua/index.php/cit/article/view/65>.
9. Мороз, Б., Покотиленко, О. Аналіз розробок по створенню систем організації доставки з використанням дронів. *КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ: ОСВІТА, НАУКА, ВИРОБНИЦТВО*, (34), 74-78. вилучено із <https://cit-journal.com.ua/index.php/cit/article/view/110>
10. Свиридов В.В., Мороз Б.И. Организация процессов обработки информации по критериям ценности и старения в АСУ. – Х. : Основа 1992 -112 с.

References

1. Volianskyi, P. B., Yachchenko, D. M., Mosov, S. P., Pechyborshch, V. P., Yakymets, V. M., Khoroshun, E. M., Pechyborshch, O. V., Yakymets, V. V. Medychni drony / Innovatsiia derzhavnoi sluzhby medytsyny katastrof. Kharkivska khirurhichna shkola, (3), 55-62. <https://doi.org/10.37699/2308-7005.3.2021.11>.
2. Ivanenko Yu., Liashchenko O., Filimonchuk T. Ohliad metodiv keruvannia bezpilotnymy litalnymy aparatamy / Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku. Zbirnyk naukovykh prats. – Poltava: PNTU, 2023. – T. 1 (71). – S. 26-30. – <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2023.1.026>.
3. Posvistak V., Miroshnychenko D. Arkhitektura systemy avtonomnoho keruvannia dlia fpv-droniv. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences. 337, 3(2) (May 2024), 223–230. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-33>.
4. Kozeichuk E. Yu. Stan suchasnoho proektuvannia droniv, systemy upravlinnia dronamy, konstruktsii kopteriv, elementy kopteriv, SOLIDWORKS / E. Yu. Kozeichuk // Avtomatyzatsiia ta pryladobuduvannia = Automation and Development of Electronic Devices (ADED'2019): zb. stud. nauk. st. – Kharkiv : KhNURE, 2019. – Vyp. 2. – S. 64-66. Retrieved from <https://openarchive.nure.ua/entities/publication/518d0798-8416-4c69-b57a-94babe738ffc>.
5. Taktyka zastosuvannia bezpilotnykh povitrianykh suden v okhoroni derzhavnogo kordonu : navchalnyi posibnyk / O. L. Lutsnyi ta in. Khmelnytskyi : Vydavnytstvo NADPSU, 2023. 164 s. Retrieved from https://dspace.nadpsu.edu.ua/bitstream/123456789/4362/1/%D0%9B%D1%83%D1%86%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BD%D0%BF_%D1%82%D0%B0%D0%BA%D1%82%20%D0%B7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%81%20%D0%91%D0%BF%D0%9B%D0%90.pdf.
6. Pavlenko P., Samborskyi Ye., Krykhovetskyi H., Samborskyi I. CONTROL MODEL OF A GROUP OF MANEUVERABLE UNMANNED AERIAL VEHICLES TAKING INTO ACCOUNT THEIR FLIGHT SAFETY // Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku. Zbirnyk naukovykh prats. – Poltava: PNTU, 2023. – T. 3 (73). – S. 58-63. – <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2023.3.058>.
7. Chepys, O. Alhorytmy efektyvnoho keruvannia bezpilotnymy litalnymy aparatamy z vykorystanniam mashynnoho zoru. Grail of Science, (41), 260–264. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.05.07.2024.040>.
8. Moroz V., Antipov A., Zhuravlev V. (2020). Automated system for the delivery of medical supplies using unmanned aerial vehicles (multicopter) at the request of the consumer. *COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGIES: EDUCATION, SCIENCE, PRODUCTION*, (35), 47-54. Retrieved from <https://cit-journal.com.ua/index.php/cit/article/view/65>.
9. Moroz, B., Pokotylenko, O. Analiz rozrobok po stvorenniu system orhanizatsii dostavky z vykorystanniam droniv. *КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ: ОСВІТА, НАУКА, ВИРОБНИЦТВО*, (34), 74-78. вилучено із <https://cit-journal.com.ua/index.php/cit/article/view/110>
10. Svyrydov V.V., Moroz B.Y. Ohrhanyzatsiia protsessov obrabotky ynformatsyy po kryteriyam tsennosti y starenia v ASU. – Kh. : Osнова 1992 -112 s.